

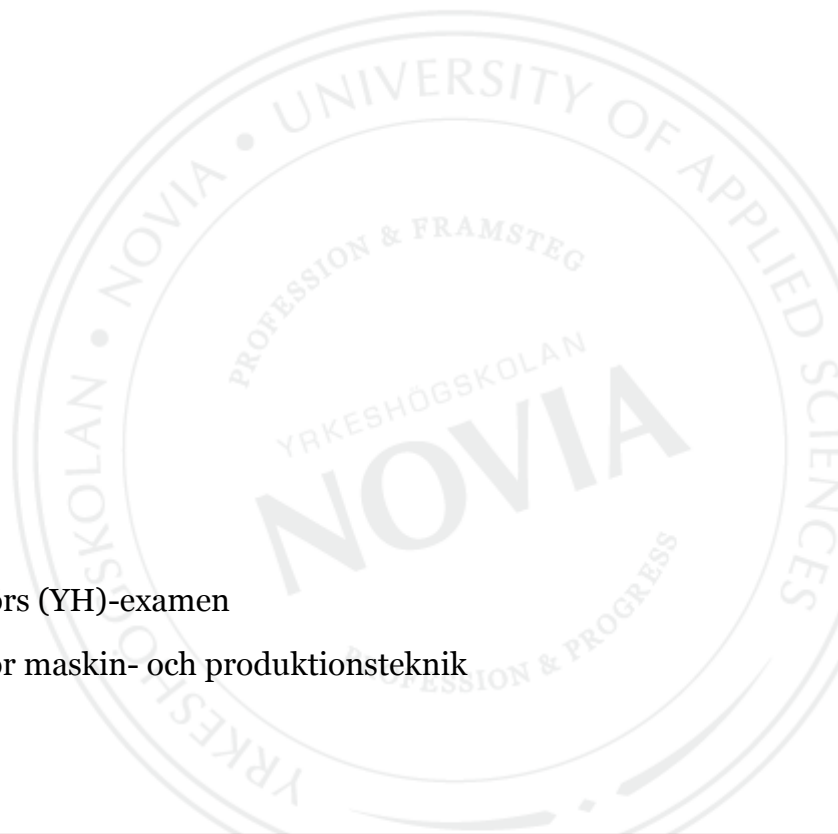
Konstruktion av ny Kvick-Finn kultivator

David Söderberg

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2013



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Företagsbeskrivning	1
1.2	Kvick-Finn Power	2
1.3	Bakgrund	3
1.4	Syfte	3
1.5	Avgränsning.....	3
1.6	Centralterminologi.....	4
1.7	Krav.....	4
1.8	Disposition	5
2	Teori	6
2.1	Tillverkningsteknik	6
2.2	Tillverkningsmetoder	6
2.2.1	Laserskärning.....	7
2.2.2	Svetsning.....	9
2.2.2.1	Svetsegenspänningar och svetsdeformation	10
2.3	Anpassa konstruktionen för tillverkning.....	11
2.3.1	Konstruktion med hänsyn till produktion	11
2.3.2	Konstruktion med hänsyn till kraftupptagning	12
2.3.3	Konstruktion med hänsyn till belastning.....	13
2.3.4	Konstruktion med hänsyn till korrosion	14
2.4	Lagerteknik.....	14
2.4.1	Y-lagrenheter	15
2.5	Taper-lock axelkopplingar.....	16
2.6	CE-märkning.....	17
2.6.1	Harmoniserade standarder	17
2.6.2	Produktansvar	18
2.7	Marknadsföring med 3D-bilder	18
3	Forskning.....	19
4	Metod	20
4.1	Siemens NX	20
4.2	Advanced simulation	21
5	Resultat	22
5.1	FEM-analys	23
5.1.1	Kraftinsättning och fastlåsning	23
5.1.2	Resultat av FEM-analys	24
5.2	Kraftöverföring	25

5.3	Åsindelningen	27
5.4	Stödhjulen	28
5.5	Kvick-Finn Power 6020	29
6	Diskussion	30
6.1	Förslag till förbättring	30
6.2	Sammanfattning.....	30
7	Källförteckning.....	31

EXAMENSARBETE

Författare:	David Söderberg
Utbildningsprogram och ort:	Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ	Maskinkonstruktion
Handledare:	Kenneth Ehrström

Titel: *Konstruktion av ny Kwick-Finn kultivator*

Datum: 19.04.2013 Sidantal: 32

Abstrakt

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Oy Ekotjänst Lindgård Ab och Hamec Ab. Uppgiften var att konstruera en ny Kwick-Finn kultivator som skulle vara större än de redan befintliga. Kultivatoren är konstruerad enligt en kravlista som gjordes upp i vid starten.

Syftet med arbetet var att skapa en 3D-modell av den nya kultivatoren och använda bilderna till marknadsföring. Ett annat syfte var också att underlätta tillverkningen och med hjälp av 3D-modellen även kunna göra olika FEM-analyser för att undvika att stora konstruktions- och tillverkningsfel uppstår.

För att underlätta konstruktionsarbetet utgick jag från en redan befintlig kultivator som jag ritade upp och senare gjordes de ändringar som krävdes för att kravlistan skulle uppfyllas. Resultatet blev två 3D-modeller, en modell av den gamla kultivatoren och en av den nya, efter att alla krav som var möjliga hade uppfyllts.

Språk: svenska Nyckelord: kultivator, konstruktion, 3D-design, FEM

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	David Söderberg
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Koneensuunnittelu
Ohjaajat:	Kenneth Ehrström

Nimike: *Uuden Kwick-Finn kultivaattorin rakentaminen*

Päivämäärä: 19.04.2013

Sivumäärä: 32

Tiivistelmä

Opinnäytetyö on suoritettu Ekotjänst Lindgård Oy Ab:n ja Hamec Ab:n toimesta. Tehtävänä oli suunnitella uusi Kwick-Finn kultivaattori jonka, pitää olla suurempi kuin nykyiset. Kultivaattori on suunniteltu vaatimuslistan mukaan, joka tehtiin työn alussa.

Työn tavoitteena oli luoda 3D-malli uudesta kultivaattorista ja käyttää kuvia markkinoinnissa. Toisena tavoitteena oli myös helpottaa valmistusta ja käyttämällä 3D-mallia voidaan myös tehdä erilaisia FEM-analyyseja, jotta pystytään välttämään suunnittelu- ja valmistusvirheitä.

Helpottaakseni suunnitteluprosessia minulla oli lähtökohtana kultivaattori joka minä piirsin, ja myöhemmin tehtiin tarvittavat muutokset, jotta vaatimukset täytettäisiin. Kun kaikki vaatimukset oli täytetty tuloksena oli kaksi 3D-mallia, yksi malli vanhasta kultivaattorista ja yksi uudesta.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: kultivaattori, rakentaminen,
3D-suunnittelu, FEM

BACHELOR'S THESIS

Author:	David Söderberg
Degree Programme:	Mechanical- and production technology, Vasa
Specialization:	Mechanical construction systems
Supervisor:	Kenneth Ehrström

Title: *Design of a new Kwick-Finn cultivator*

Date: 19.04.2013	Number of pages: 32
------------------	---------------------

Summary

This thesis has been carried out on behalf of Oy Ekotjänst Lindgård Ab and Hamec Ab. The task was to design a new Kwick-Finn cultivator that would be larger than the existing ones. The cultivator is designed according to a list of demands that were made in the beginning.

The aim of this work was to create a 3D model of the new cultivator and use the images for marketing. Another objective was also to facilitate manufacturing and by means of the 3D-model, to make different FEM analyses to avoid large design and manufacturing defects.

To facilitate the design process I started to draw the existing cultivator, and then I made the required changes according to the list of demands. The result was two 3D models, a model of the old cultivator and one of the new after all the possible requirements had been met.

Language: Swedish	Key words: cultivator, construction, 3D design, FEM
-------------------	---

1 Inledning

I det inledande kapitlet ges först en beskrivning av företagen och maskinen som jag har konstruerat. Därefter klargörs bakgrunden, avgränsningen och syftet med detta arbete. För att läsaren lättare ska kunna förstå texten har jag definierat centrala termer. Det sista jag har tagit upp i kapitlet är dispositionen och kravlistan som jag har följt under konstruktionen.

1.1 Företagsbeskrivning

Oy Ekotjänst Lindgård Ab är ett relativt nytt företag som bedriver försäljning av olika typer av maskiner för mekanisk jordbearbetning och ogräsbekämpning. Företaget drivs av Boris Lindgård och hans fru. De har endast en anställd, men har i stället flera samarbetsparter och köper även tjänster från andra företag. Grunden till affärsidén bygger på stort kunnande och erfarenhet inom det ekologiska jordbruket, konsultarbete och flera aktiva år inom jordbrukspolitiken. Sedan företaget grundades 1998 har det ordnats hundratals föreläsningar och maskindemonstrationer runt om i landet. De första fem åren bestod främst av föreläsningar och rådgivning, 2003 expanderade verksamheten även till import och försäljning av jordbruksmaskiner. (Oy Ekotjänst Lindgård Ab, 2012)

Hamec Ab grundades 1992 av bröderna Stefan och Folke Söderberg. Verksamheten bestod under de första åren nästan uteslutande av underleveranser till ABB Transmit i Vasa. 1996 flyttade företaget in i sin nybyggda hall i Västerhankmo. ABB var fortsättningsvis den största kunden, men underleveranser gjordes även till andra företag i Vasaregionen. Hamec hade som mest fem anställda men i början av 2000-talet skedde stora förändringar. ABB:s tillverkning av mättransformatorer o-sensorer flyttades till Polen och Tjeckien. Detta innebar att ca80% av Hamecs omsättning upphörde. 2004 startade utvecklingen av Kwick-Finn kultivatoren i samarbete med Ekotjänst Lindgård. Detta är en specialmaskin, för mekanisk bekämpning av rotagräs (kvickrot, tistel), som främst riktar sig till ekologiska jordbrukare. Kwick-Finn tillverkningen står i dag för ca70 % av Hamecs omsättning. (Personlig kommunikation med företagsägare Folke Söderberg, 15.02.2013)

1.2 Kwick-Finn Power

Kwick-Finn Power är en kultivator som används vid ekologisk rotogräs bekämpning. Den befintliga modellen har en arbetsbredd på 5,6 meter. Funktionsprincipen går ut på att man från traktorns kraftuttag med hjälp av kraftöverföringsaxlar, överför ett vridmoment till den bakre rotern som börjar rotera. På rotern har man fäst fjädrar som har som uppgift att riva upp ogräset ur jorden, varefter ogräset blir kvar att torka på ytan. Gåsfötternas uppgift är att skära sönder jorden och lyfta upp den för att underlätta och effektivisera roterns arbete.



Figur 1. Kwick-Finn Power 5060.

1.3 Bakgrund

Oy Ekotjänt Lindgård Ab och Hamec Ab i Korsholm ska utveckla en ny modell av Kwick-Finn kultivatoren benämnd Power 6020. Företagarna som tillsvidare endast tillverkat trepunktsupphängda kultivatorer samt en lättare bogserad modell, är nu i behov av konstruktionshjälp med den nya modellen, eftersom den skall ritas i 3D-ritprogrammet Siemens NX, vilket Hamec Ab saknar erfarenhet av eftersom de endast har använt 2D-ritprogram tidigare.

Lindgård som står för produktutveckling och marknadsföring av Kwick-Finn kultivatoren var först med idén om att rita upp den nya kultivatoren i 3D, vilket jag tyckte lät som en utmanande men också intressant förslag. Eftersom de ekologiska jordbruken är större än de konventionella och ökar mycket snabbt, är företagarna nu i behov av en större och kraftigare bogserad modell, vilket gav upphov till detta examensarbete.

1.4 Syfte

Mitt syfte med detta examensarbete är att underlätta tillverkningen av den nya Kwick-Finn modellen med hjälp av tydliga 3D-ritningar och simuleringar, med vilka man kan undvika att stora tillverkningsfel uppstår.

Mitt andra delsyfte är att effektivisera marknadsföringen med hjälp av den färdiga 3D-modellen. En 3D-modell kan i många fall vara tydligare än en vanlig bild och det är också mycket lätt att få bilder från de vinklar man vill ha. Man kan även gömma bort detaljer man inte vill ha med på bilden och göra genomskärningar för att kunna se gömda detaljer.

1.5 Avgränsning

Hamec Ab har tidigare tillverkat en lättare variant av Kwick-Finn Power serien, vilken jag har utgått ifrån när jag har konstruerat den nya modellen. Avgränsningen sker mellan dessa två modeller och konstruktionen av dessa. Vid konstruktionen av den nya modellen har jag standardiserat så många komponenter som möjligt för att underlätta tillverkningen. Till uppgiften hör också att göra en 3D-modell som kan användas till marknadsföring.

1.6 Centralterminologi

Här presenteras tillverkarnas benämningar på olika komponenter. För att läsaren lättare ska förstå texten har jag förklarat de viktigaste begreppen som används.

Gåsfot – Vingskåret som går under marken och lyfter upp jorden

Ås - De fjädrande kultivatorpinnar som är fästa på ramen, vilka också gåsfötterna är fastskruvade i

Åsindelning – Avståndet mellan åsarna och antalet.

Sidovinge/sidosektion – Kwick-Finn Power serien består av tre ramverk, sidovingarna är de ramverk som finns på sidorna och lyfts upp i transportläge.

Rotor – Den roterande bakdelen som är aktiv under drift.

Fjäder – Fjädrarna som är fästa på rotorn och har som uppgift att riva upp ogräset ur marken.

Rotorskyddskåpa/rotorhuv – Säkerhetsanordningen ovanför rotorn.

Stödhjul – De mindre hjulen som tar upp en del av bärkraften under drift.

1.7 Krav

För att lättare kunna konstruera kultivatoren har jag gjort upp en kravlista på förhand som jag har följt. Kraven jag skulle följa var:

- Kultivatorns rotor skulle ha en effektiv arbetsbredd på 6,2 meter.
- Mittrammen hålls oförändrad och sidovingarna breddas.
- Plats för två stödhjul efter varandra på sidosektionerna, alternativt bogghjul.
- Standardisera den nya kultivatoren med den lättare modellen för att hålla kvar så många gemensamma delar som möjligt.
- Rotorns skyddskåpor får inte stöta ihop i transportläget i så fall måste infästningspunkterna för sidovingarna flyttas.
- Gåsfotens bredd ändras från 42 till 31 cm för att få en tätare åsindelning.
- Åsarna utökas från 17 till 24 st. med en åsindelning på 25 cm. De får inte placeras framför ett stödhjul, inte heller bredvid eller efter varandra i sidled. Det bör vara minst en axels mellanrum.

Eftersom sidovingarna har breddats ställs automatiskt samma krav på rotorskyddskåporna, rotorn och axeln som löper genom rotorn. Antalet fjäderinfästningar på rotorn ökar också naturligtvis.

1.8 Disposition

Här följer en kort beskrivning av de kapitel som återstår för att läsaren ska få en bättre överblick av innehållet.

Teori: Teoribakgrunden har jag baserat på tillverkningsteknik och de tillverkningsmetoder som används mest vid tillverkning av den maskin som jag har konstruerat. Maskinen måste vara säker för användaren, därför har jag även tagit upp CE-märkningen och vad den innebär. Jag har även tagit upp marknadsföring som en del av teorin, eftersom en del av uppgiften går ut på att skapa 3D-bilder som kan användas till marknadsföring.

Forskning: Beskrivning av ett pågående forskningsprojekt.

Metod: I kapitlet Metod har jag beskrivit på vilket sätt jag har gått tillväga för att få fram ett så bra resultat som möjligt och vilka verktyg jag har använt mig av.

Resultat: Här presenteras slutresultatet och jämförelser med den gamla lättare modellen.

Diskussion: I diskussionen har jag tagit upp förslag till förbättringar samt gjort en sammanfattning av arbetet.

2 Teori

2.1 Tillverkningsteknik

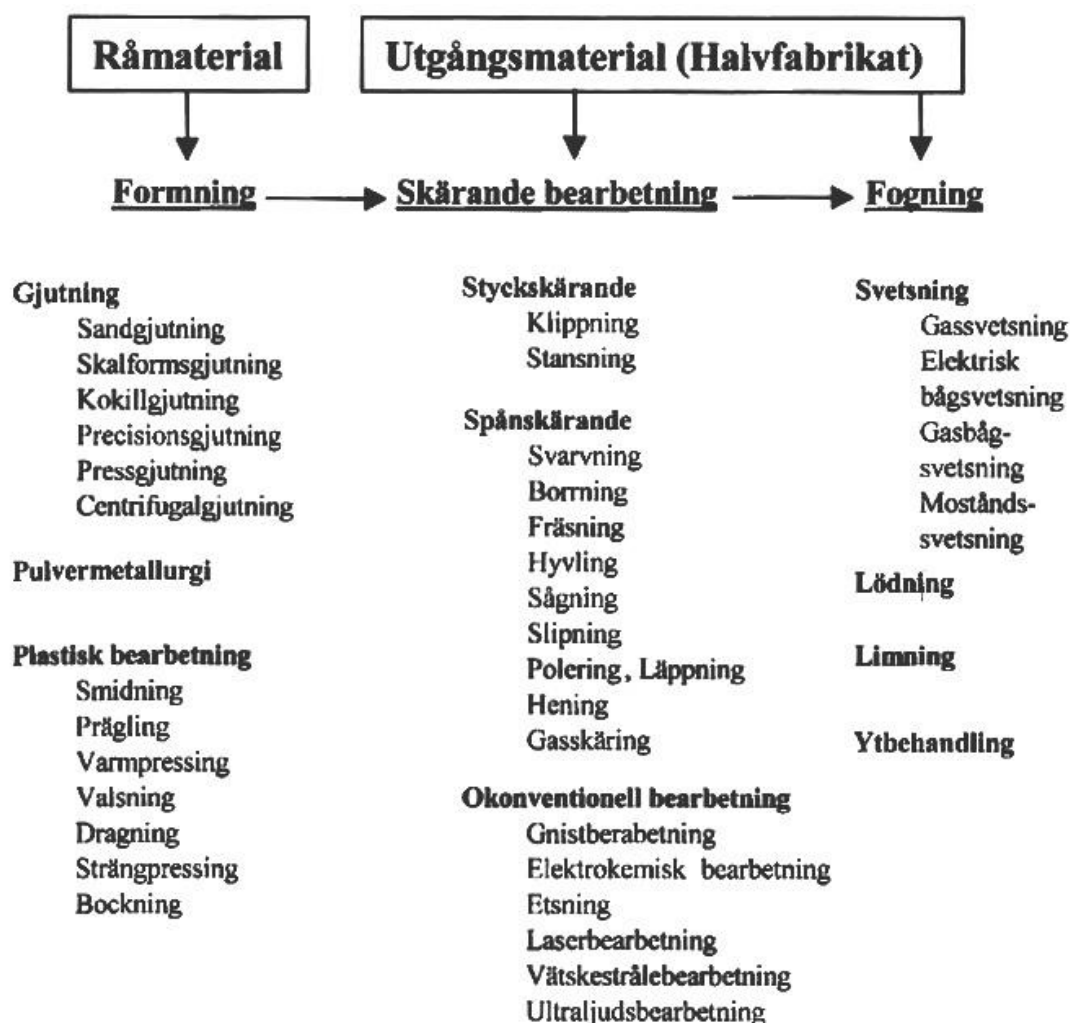
Tillverkning är en process för omvandling av råmaterial till färdig produkt. Den färdiga produkten består av en eller flera komponenter. Vid tillverkning av en produkt är det viktigt av ekonomiska skäl att använda sig av rätt tillverkningsmetod, vilket betyder att man ska bearbeta materialet med lämplig metod för att få materialet att närma sig sin slutliga form. Alla de metoder man har använt sig av för att framställa den färdiga produkten kallas tillverkningsprocess. Den fysiska tillverkningen består av ett antal huvudmoment:

- Framställning av råmaterial.
- Formgivning av utgångsmaterialet.
- Formning av detaljen.
- Kontroll av detaljen.
- Monteringsarbete.

(Jarfors, Carlsson, Nicolescu, Rundqvist, Keife & Eliasson 2000: 1)

2.2 Tillverkningsmetoder

Plåt, tråd, stänger, rör och andra stålprofiler tillverkas främst genom valsning, dragning och strängpressning. Vidare bearbetning av dessa halvfabrikat till färdig produkt sker helst genom smidning, varmpressning, djuppressning, prägling, bockning eller sträckbockning. Man undviker så långt som möjligt kostsam spånskärande bearbetning. När man väljer tillverkningsmetod baserar man sitt val på kostnader, önskvärda egenskaper man vill tillföra materialet och vilka möjligheter som finns. När man tillverkar en detalj vill man ändra dess form, men man vill också ofta förbättra och ändra på andra egenskaper hos materialet som korrosionsmotstånd och hållfastighet. Man kan tillverka t.ex. en skruv genom smidning, men också genom skärande bearbetning. Tillverkningsmetoden man väljer kommer att påverka materialegenskaperna hos skruven.



Figur 2. Klassificering av vanliga tillverkningsmetoder.

(Jarfors m.fl. 2000: 7; Hågeryd, Björklund & Lenner 1999: 85)

2.2.1 Laserskärning

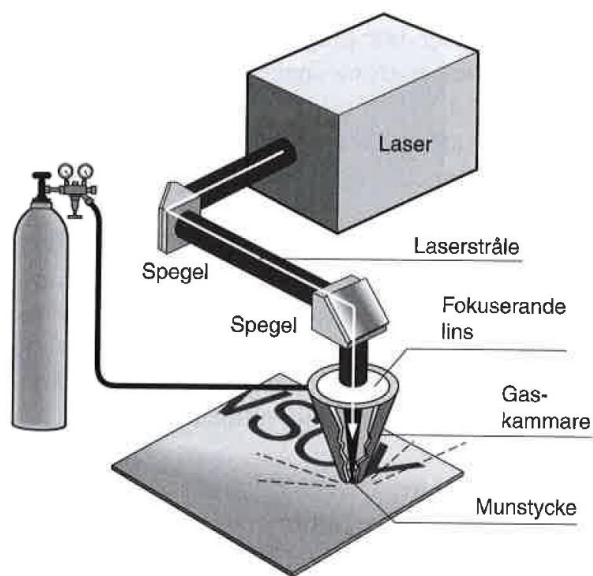
Laserskärning är en termisk skärmetod och ett samlingsnamn för olika skärmetoder där man använder värme för att skära i materialet, vars värmekälla är en laserstråle i det infraröda området. Laserstrålen riktas mot arbetsstycket med hjälp av speglar och fokuseras med en lins till en brännpunkt som har en diameter på 0,05 – 0,25 mm. I denna punkt får man en otroligt hög energitäthet, vilket resulterar i att materialet smälter och förångas där laserstrålen träffar och en smal fog skärs upp. För att denna fog ska bli så bra som möjligt måste man tillsätta någon form av skärgas, ofta aktivt syre eller inert kväve. Gasströmningen bör träffa brännpunktens centrum. Gasens viktigaste uppgifter är bl.a. att skydda linsen mot stänk och ångor, förhindra att smuts tränger in mellan lins och arbetsstycke och att avlägsna smälta ur den smala skärfogen.

Valet av gas har stor betydelse för skärningsresultatet. Vid användning av syre effektiveras förbränningen av materialet som ska skäras. Kväve används för att skydda skärytorna mot oxidering och för att blåsa bort smält material ur fogen. Syre ger oftast de bästa skärytorna, men i vissa fall kan det vara skäl att välja andra gaser. Vid skärning av rostfritt stål rekommenderas kväve för att få högkvalitativa och oxidfria skärytor.

Laserskärning används till många olika material förutom konstruktionsstål och rostfritt stål, bl.a. aluminium, koppar, titan, mässing, plaster, trä, keramer, läder och papp. Konstruktionsstål går att skära upp till $s < 12$ mm, och för rostfria stål gäller $s < 10$.

Fördelar med laserskärning:

- Smal skärfog 0,1 -0,3 mm.
- Låg värmetillförsel, vilket ger liten formändring i materialet.
- Hög skärhastighet och noggrannhet.
- Lätt att skära ut invecklade arbetsstycken, går att kombinera flera arbetsskeden bl.a. ritsning, eliminering av grader och borrar i samma detalj.



Figur 3. Principen för laserskärningsutrustningen.

(Weman 2002: 165; Leppola & Makkonen 2004: 313–314)

2.2.2 Svetsning

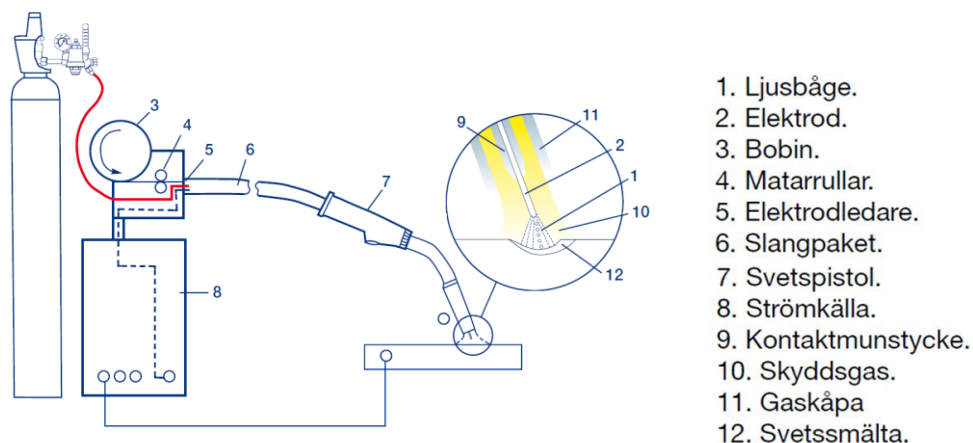
Svetsning innebär att man sammanfogar arbetstycken – med eller utan tillsatsmaterial genom att hetta upp dem så att materialet smälter och partiklarna i grundmaterialet och tillsatsmaterialet blandas och bildar ett fast svetsförband. Svetsning indelas i två huvudgrupper:

- Smältsvetsning.
- Trycksvetsning.

Smältsvetsning delas i sin tur upp i gassvetsning, bågsvetsning samt laser- och elektronstrålesvetsning. I bågsvetsning ingår bl.a. MIG/MAG och TIG.

Trycksvetsning har också undergrupper där punktsvetsning, motståndssvetsning samt friktionssvetsning är de vanligaste metoderna.

MIG/MAG är den vanligaste metoden och den metod som ökar mest i användning, främst på grund av dess höga produktivitet. Karakteristiskt för en MIG/MAG-svets är en metalltråd som matas fram kontinuerligt och smältas av i en ljusbåge. Metalltråden fungerar som tillsatsmaterial och elektrod. Ljusbågen får sin energi från en strömkälla som genererar likström. Ljusbågen skyddas av en gas som antingen är aktiv eller inert. Det är gasen som avgör om svetsmetoden är MIG (Metal Inert Gas) eller MAG (Metal Active Gas). Med en inert gas avses en ädel gas som inte reagerar med smält material. Med aktiv gas kan däremot gasen reagera med smältan. Vanligast är en blandning av Ar och CO₂ eller ren CO₂. Det är mycket viktigt att svetsparametrarna är riktigt inställda för att uppnå bästa svetsresultat. Svetsparametrar vid MIG/MAG-svetsning är spänning, trådmatningshastighet och skyddsgas.



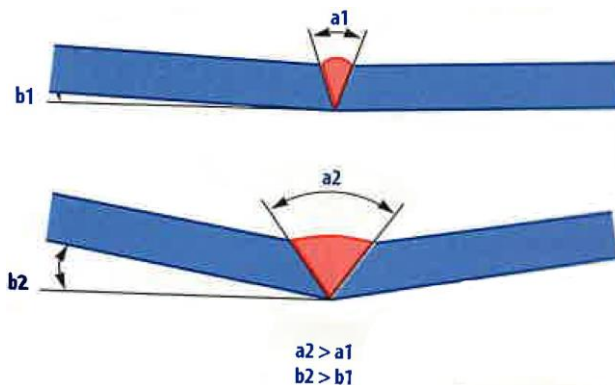
Figur 4. Principen för MIG/MAG svetsning.

(Lepola & Makkonen 2004: 11- 17; Migsvetsning, 2012)

2.2.2.1 Svetssegenspänningar och svetsdeformation

Svetsade konstruktioner utsätts inte bara av spänningar orsakade av belastning, utan även av spänningar orsakade av svetsningen. Dessa svetssegenspänningar uppstår på grund av temperaturförändringar. Vid en temperaturhöjning expanderar stålet, varefter det krymper när temperaturen sjunker. När svetsförbandet svalnar ger materialkrympningen upphov till töjningar i stålet. Töjningarna kan vara plastiska eller elastiska. Om spänningarna blir så höga att materialets sträckgräns överskrids talar man om plastiskdeformation. Detta är också orsaken till att svetssegenspänningarna i en svetsad konstruktion är av samma storlek som sträckgränsen. För att minimera svetssegenspänningarna och deformationen är det viktigt att:

- Välja rätt tillsatsmaterial.
- Bestämma fogtyp.
- Göra upp en lämplig svetsföljd.
- Minimera svetsfogens tvärsnittsarea, vilket betyder att den spalt som används vid svetsning skall ej vara onödigt stor.
- Använd I-fog om möjligt, vid V-fog skall man göra vinkeln så liten som möjligt eftersom en större vinkel ger större vinkeldeformation.



Figur 5. Fogvinkelns inverkan på vinkeldeformationen.

(Nilsson m.fl. 2004: 2:34 – 2:50)

2.3 Anpassa konstruktionen för tillverkning

Konstruktionsfasen är ett mycket viktigt skede i tillverkningsprocessen. Där binds alla kostnader för framtagningen av produkten. Om konstruktören saknar kunskap om tillverkningsmöjligheter och begränsningar finns det en stor risk att de ritade detaljerna blir onödigt dyra eller till och med omöjliga att tillverka. Om konstruktören däremot har utformat detaljerna med hänsyn till produktionen kan man hålla kostnaderna nere och slipper onödigt arbete. Dessutom kan den totala kvaliteten höjas om konstruktören noga tänkt igenom produktionens alla förlopp redan i skisstadiet. (Jarfors m.fl. 2000: 548)

2.3.1 Konstruktion med hänsyn till produktion

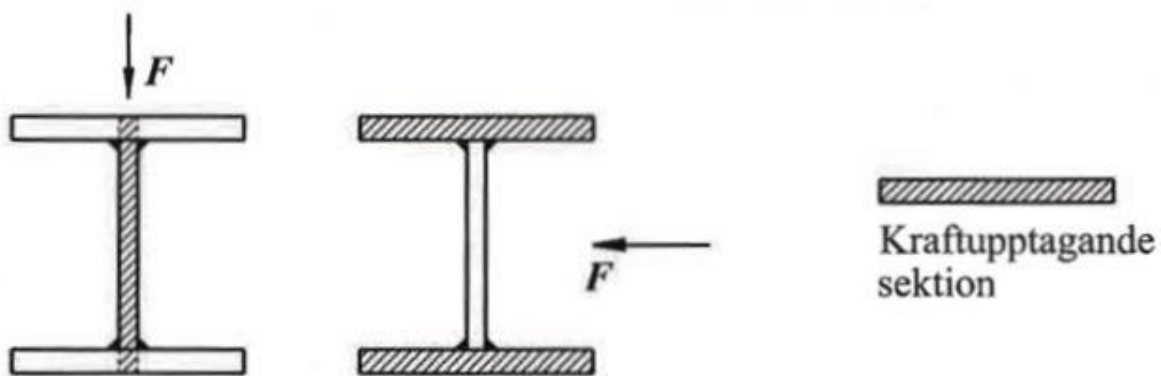
För att hålla ner kostnaderna är det viktigt att konstruktionen är noga igenomtänkt produktionsmässigt. Här följer några allmänna råd:

- Minska svetsmängden genom att använda färdigt valsade, strängpressade eller ståljudgods så långt som möjligt.
- Bocka plåtar för att hålla antalet detaljer nere och för att minska svetsmängden.
- Området för den planerade svetsfogen måste vara åtkomligt.
- Lägg fogar så att en bekväm svetsställning kan hållas samt en horisontell fog är möjlig (undvik underupp-svetsning).
- Välj material som tillverkaren behärskar.
- Använd så få materialkvaliteter -tjocklekar och profiler som möjligt.
- Sträva efter symmetriska svetsar för att hålla svetsdeformationen nere.
- Undvik att svetsa tunt material mot tjockt.
- Minimera korrosionsrisken i anslutning till svetsar.

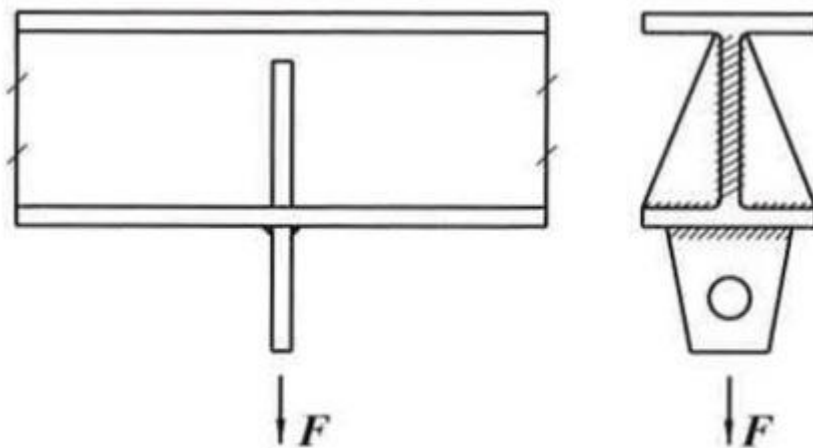
(Jarfors m.fl. 2000: 548; Weman 2002: 230)

2.3.2 Konstruktion med hänsyn till kraftupptagning

I en bra konstruktion ska man enkelt kunna se hur krafterna rör sig. En tumregel vid konstruktion är att krafterna ska tas upp som skivverkan och inte som plattverkan. För att krafterna ska tas upp som skivverkan måste krafterna gå i samma plan som plåten. Om krafterna däremot kommer vinkelrätt mot plåten kommer den att belastas i dess veka riktning, vilket resulterar i böjspänningar. Vid större utböjning får man även dragspänningar i plåten.



Figur 6. De markerade ytorna fungerar som skivor.



Figur 7. Avstyvningar för att leda in krafterna till balkens liv i stället för att belasta flänsen.

(Weman 2002: 225 – 226)

2.3.3 Konstruktion med hänsyn till belastning

Man ska sträva efter att utforma konstruktionsdelarna så att de utsätts för dragning, vilket resulterar i att hela tvärsnittet blir verksamt och materialet utnyttjas maximalt. Detta är inte alltid möjligt, men man kan rekommendera följande prioriteringsordning:

1. drag
2. tryck
3. skjuvning
4. böjning
5. vridning

Om konstruktionsdelarna blir belastade av tryck, så utnyttjar man också materialet bra. Nackdelen är att vid slanka konstruktioner blir hållfastigheten sämre på grund av risken för buckling och knäckning. Att välja ett material med bättre hållfastighets egenskaper reducerar inte risken för knäckning eller buckling. Däremot spelar elasticitetsmodulen en stor roll för bärförmågan hos slanka konstruktioner. Elasticitetsmodulen är samma för alla konstruktionsstål ($E = 210 \text{ GPa}$). För aluminium är den 70 GPa .

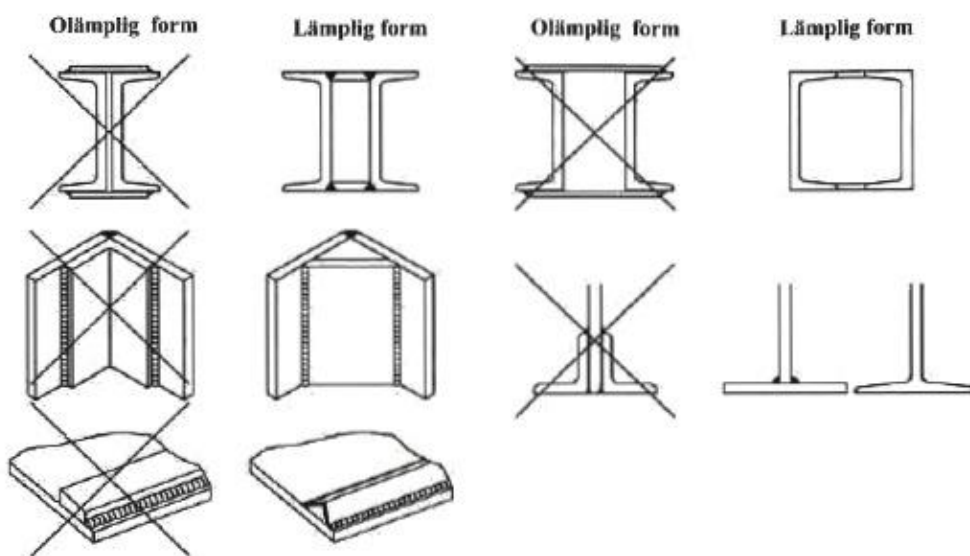
Vid skjuvning av tas kraften upp i konstruktionsdelen som en skiva, vilket också är bra. Men på samma sätt som vid buckling vid tryckbelastning, finns här risk för skjuvbuckling.

Man ska undvika spänningar orsakade av böjning, men i fall där böjspänningar inte går att undvika, rekommenderas att placera materialet så långt från tvärsnittets neutrallager som möjligt.

Vridning är den mest ogynnsamma typen av belastning, speciellt vid öppna tunnväggiga profiler. (Weman 2002: 227 – 228)

2.3.4 Konstruktion med hänsyn till korrosion

En konstruktion skall utformas så att korrosion undviks, alternativt så att den är lätt att skydda mot korrosion. Om bägge alternativen är omöjliga dimensioneras konstruktionen med korrosionstillägg. Vid undvikande av korrosion får det inte finnas fickor eller skrymslen där smuts och vatten kan samlas, annars måste det finnas ett dräneringshål dit man leder vattnet. Hålet måste vara minst 20 mm i diameter. Korrosion i anslutning till svetsar undviks men bäst genom att använda stumsvetsar i stället för överlappssvetsar.



Figur 8. Undvikande av korrosion i anslutning till svetsar.

(Weman 2002: 229 – 230)

2.4 Lagerteknik

En lagring består inte bara av rullningslager, den inkluderar även samverkande maskindelar som axel, lagerhus m.m. När man konstruerar en lagring måste man först välja lagertyp och lagerstorlek. För att få bästa prestanda och tillförlitlighet måste man välja smörjmedel av rätt kvalitet, passande tätningar, lämplig passning, lämpligt lagerglapp och rätt utformning av övriga komponenter. Hur mycket arbete som krävs beror på erfarenhet. Om erfarenhet saknas eller extra stora krav ställs och andra investeringar måste övervägas, krävs mycket mera arbete i form av beräkningar och/eller provningar.

2.4.1 Y-lagerenheter

Y-lagerenheter har fått en stor användning i lantbruksmaskiner, byggnadsmaskiner, transportanordningar och livsmedelsmaskiner på grund av sina egenskaper. De möjliggör enkla och ekonomiska lagringar.

Y-lagerenheter fungerar utmärkt till att utjämna stora uppriktningsfel, men tillåter inte axiella förskjutningar och är därför inte lämpliga som frigående lager. Avståndet mellan lagren bör därför vara kort, eller så måste de vara monterade så att de kommer åt att fjädra så att lagren inte kläms otillåtet vid värmeutvidgning hos axeln.



Figur 9. Y-lagerenheter.

(SKF, Y-bearings and Y-bearing units, 2009; SKF huvudkatalog 2001: 7)

2.5 Taper-lock axelkopplingar

Taper-lock är en konisk axelkoppling med kilspår. Kopplingen hålls på plats med hjälp av stoppskruvar, dessa överför även vridmomentet mellan bussningen och kedjehjulet/remskivan. När stoppskruvarna skruvas in kläms bussningen ihop och ett grepp bildas mellan axeln och bussningen. På axlar med toleranser inom $+0,05$ och $-0,125$ mm av den nominella diametern fås ett mycket bra grepp. Taper-lock är en framgångsrik metod och är mycket enkel, man kan montera och demontera kopplingen med endast en insexnyckel.



Figur 10. Taper-lock axelkopplingar.

(Taper-lock)

2.6 CE-märkning

CE är förkortningen av ”Conformité Européenne” som står för ”överensstämmer med EG-direktiv”. Märket har funnits sedan 1993 och man hittar det på många europeiska produkter. En CE-märkt produkt kan säljas inom Europeiska ekonomiska samarbetsområdet (EES), vilket omfattar alla EU:s medlemsstater inklusive Norge, Island, och Liechtenstein som har valt att medverka.

Tillverkaren CE-märker själv sin produkt, men är också ansvarig för att EG-direktiven följs korrekt. Även köpare, arbetsgivare, produktutvecklare och användare har ansvar för att tillämpningen av kraven följs korrekt.



Figur 11. CE-märket.

(Vad är CE-märkning?)

2.6.1 Harmoniserade standarder

CE-märkningens huvudsyfte är att underlätta frihandel med produkter inom EU. Ett annat viktigt syfte är harmoniseringen av lagar som rör säkerhet, hälsa och miljö. Rekommendationer och krav för olika produkter finns i särskilda direktiv och föreskrifter. För att kraven i direktiven ska uppfyllas har man möjlighet att följa så kallade harmoniserade europeiskastandarder, utfärdade av CEN, CENELEC och ETSI. Dessa standarder är mera tekniskt detaljerade. Med harmoniserade standarder menas att de är godkända mot ett direktiv. Standarderna kännetecknas av EN före standardnumret. Flera av standarderna gör det möjligt att slippa göra en omfattande riskanalys. EN-standarderna är inte obligatoriska, men kan fungera som riktlinjer. När man tillverkar eller köper en CE-märkt produkt, innebär CE-märkningen att man har mött alla kraven på säkerhet, miljö och hälsa. (CE-märkning, 2012; Vad är CE-märkning?)

2.6.2 Produktansvar

Produktansvaret inom Europa har blivit mycket strängare sedan CE-märkningen trädde ikraft. Nuförtiden ligger ansvaret hos tillverkaren eller dess representant att ge säkerhetsanvisningar och kunna visa att allt är i ordning före leverans. För att användaren skall få ut skadestånd måste han kunna bevisa att skadan har orakats av produkten. Vårdslöshet från tillverkarens sida behöver däremot inte bevisas av användaren.

CE-märkning innebär i allmänhet följande förpliktelser:

- Att utföra en riskanalys av produkten och tänka igenom vilka faror som är förenade med produkten.
- Lösningar för att minimera riskerna i enlighet med gällande EU-direktiv.
- Göra en tydlig bruksanvisning på användarens språk, bruksanvisningen skall tydligt beskriva hur produkten ska användas.
- Att utforma en EG-försäkran. Tillverkaren eller EES-importören skall försäkra att produkten uppfyller specificerade EG-direktiv och normer.
- Sammanställa tillverkningsdokumentation för produkten. Allt som visar att de väsentliga kraven som ställs på CE-märkta produkter uppfylls bör finnas med. (Vad är CE-märkning?)

2.7 Marknadsföring med 3D-bilder

En bild säger mer än tusen ord. I marknadsföringssyfte är bilder det absolut viktigaste hjälpmedlet. Speciellt 3D-CAD-modeller fungerar mycket bra vid marknadsföring, man kan använda bilderna som presentationsunderlag och till funktionsbeskrivningar. Bilderna går snabbt att redigera och man får genomsärningsbilder vid behov. Onödiga detaljer kan gömmas bort för att framhäva det viktiga i bilden. Jämför man med en vanlig bild har man heller inte någon bakgrund som gör att detaljen blir otydlig. Avslutningsvis en mycket viktig sak, man kan marknadsföra produkter som inte är tillverkade. (Personlig kommunikation med Boris Lindgård, 11.03.2013)

3 Forskning

Kvick-Finn kultivatoren har funnits på marknaden ett antal år och sålts i 125 exemplar. Under alla dessa år har den också visat vad den klarar av. Många användare är mycket nöjda över den och maskinen de köpt stannar på gården. Varför sälja eller byta in en maskin som fungerar? Det är mycket sällan man hittar en begagnad Kvick-Finn kultivator på marknaden. Närmast handlar det om uppgradering till större och effektivare modeller. En nöjd användare är det bästa beviset för att maskinen fungerar till det den är byggd och planerad för.

Dock behövs någon typ av vetenskaplig forskning. Därför har lantbruksforskningen i Finland MTT Ruukki/Timo Lötjönen, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus inlett 2012 forskningsprojektet Edistystä luomutuotantoon – hanke 2012 – 2014. På detta sätt vill man jämföra Kvick-Finn mot traditionella maskiner och metoder i bekämpning av rotagräs. Projektet är på hälft och därför finns inte ännu vetenskapliga uppgifter. Tillverkarna av Kvick-Finn deltar i detta projekt med modellen Light 3000x3



Figur 12. Kvick-Finn kultivator av modell Light 3000x3, som deltar i forskningsprojektet.

(Personlig kommunikation med Boris Lindgård, 29.03.2013)

4 Metod

Under arbetets gång har jag använt mig av olika metoder för att uppnå ett så bra slutresultat som möjligt. Arbetet inleddes med ett möte med båda uppdragsgivarna, där vi diskuterade vad jag skulle göra. Vi avgränsade arbetet och klargjorde syftet.

Under själva konstruktionen har jag besökt företaget som skall tillverka kultivatoren för att skaffa information och material, ofta i form av ritningar och bilder. När jag fått tillräckligt med information har jag kunnat fortsätta konstruera på egen hand. När det gällde frågor kring forskning och marknadsföring har jag kontaktat Ekotjänst Lindgård.

För att konstruera 3D-modellen och göra FEM-analyser har jag använt mig av Siemens NX. Arbetet var ganska stort och avancerat, för att kunna utföra arbetet på ett professionellt sätt krävdes stor erfarenhet av programmet. För att öka mina kunskaper i programmet har jag lagt ner många timmars övning utanför själva arbetet. Jag har även skaffat mig information och kunskap via Internet.

4.1 Siemens NX

NX är ett avancerat två- och tredimensionellt CAD- (Computer Aided Design) program utvecklad av Siemens PLM Software. NX är mer känt som Unigraphics eller ofta bara UG. När man konstruerar i NX ritas man först upp enskilda detaljer i modellering som man sedan sammanställer till en så kallad assembly eller sammanställning. I drafting gör man slutligen ritningar och sammanställnings ritningar. Fördelarna med att rita i CAD-program är många, bl.a. är det mycket lätt att ändra på tidigare ritningar eller utveckla nya modeller från befintliga konstruktioner. Man kan även göra hållfasthetskontroller och beräkningar med hjälp av finita elementmetoden, vilket görs i Advanced Simulation. NX är ett av de mest använda CAD-programmen bland ingenjörer i hela världen. (3D computer graphics software; Unigraphics, 2012)

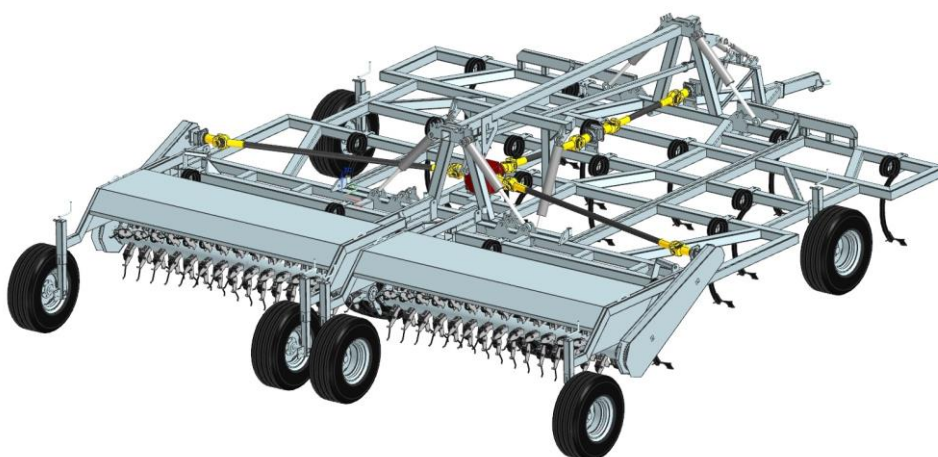
4.2 Advanced simulation

Advanced simulation baserar sig på FEM (Finita ElementMetoden) som är en generell matematisk och numerisk metod för att söka approximativa lösningar till olika typer av hållfasthetsproblem. Begreppet finita element uppstod i USA på 1950- talet, men finita elementberäkningar utfördes tidigare. På 1940-talet hade flygindustrin stora beräkningsavdelningar, som för hand beräknade hållfastheten på balksystem. Den matematiska idén grundar sig på två bekanta begrepp nämligen interpolation och minimering av en funktion, med andra ord söka nollställe till derivatan.

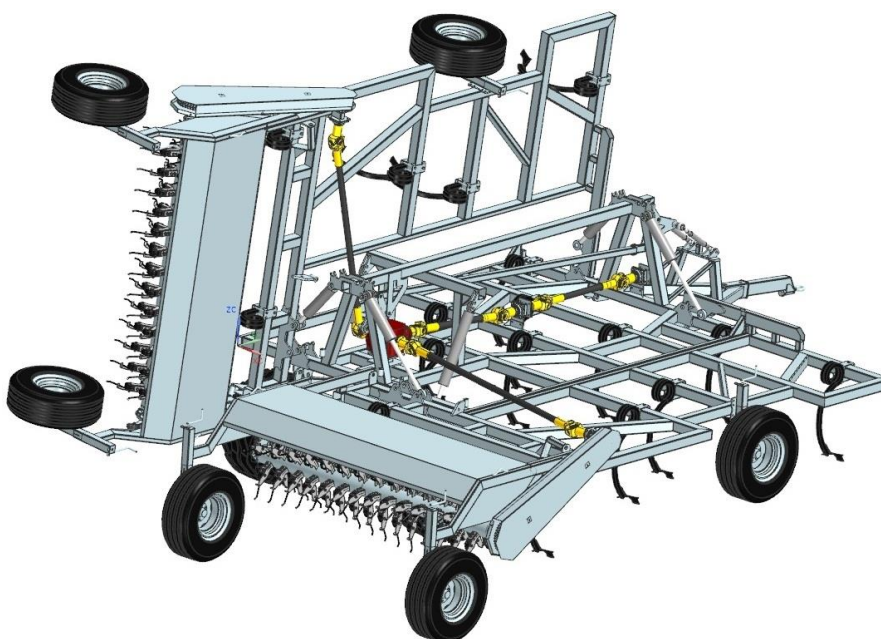
FEM har utvecklats mycket i takt med att datorerna blivit kraftfullare. Man kan säga att datorerna har varit en förutsättning för utvecklingen av finita elementmetoden. Karakteristiskt för metoden är att den verkliga geometrin delas upp i små stycken med enkel geometri, s.k. element. Elementen binds samman med noder och tillsammans bildar de ett nät, (eng. mesh). Därför brukar man på svenska säga att man ”meshar” sin 3D-modell. Förutom själva hanterandet av programmet krävs både kunnande och förståelse för hållfasthetslära och finita elementmetoden för att kunna skapa så bra modeller som möjligt och kunna avgöra om resultaten är tillförlitliga. Utvecklingen pekar dock alltmer mot automatisering. (Finita elementmetoden, 2012)

5 Resultat

Eftersom jag utgick ifrån den befintliga lättare modellen, började jag med att rita upp den. Arbetet var tidskrävande eftersom alla måtten måste stämma överens med ritningarna som jag fått från företaget. Att sedan bredda på kultivatoren och göra konstruktionsändringar var lättare tack vare konstruktionsfriheten. 3D-modellen från den lättare Kwick-Finn Power 5060 sparades som en skild 3D-modell, för att även kunna använda den som marknadsföringsmodell vid behov.



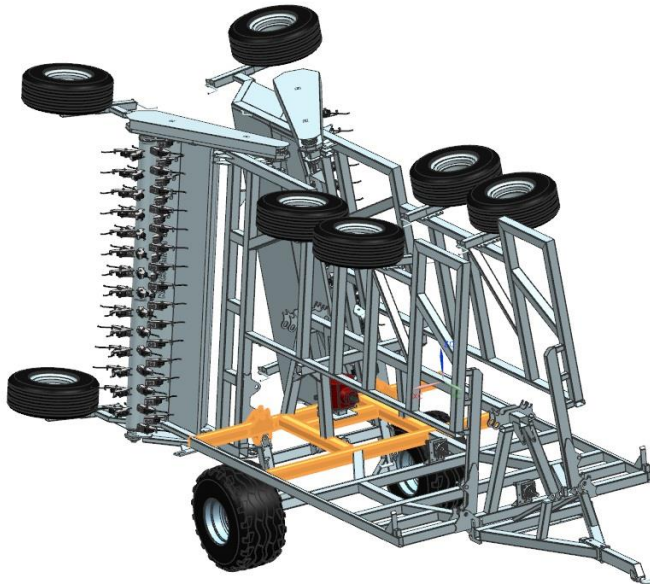
Figur 13. 3D-modell av Kwick-Finn Power 5060.



Figur 14. 3D-modell av Kwick-Finn Power 5060, med vänstra sidovinge uppvikt.

5.1 FEM-analys

Enligt tillverkarna uppstår den största belastningen i transportläge när en stor del av total massan upptas av mittramens bakersta balk. Kraften uppstår på grund av att bärhjulets infästning finns där. Kraften riskerar bli mycket stor om kultivatoren transporteras i hög hastighet på ojämna vägar.



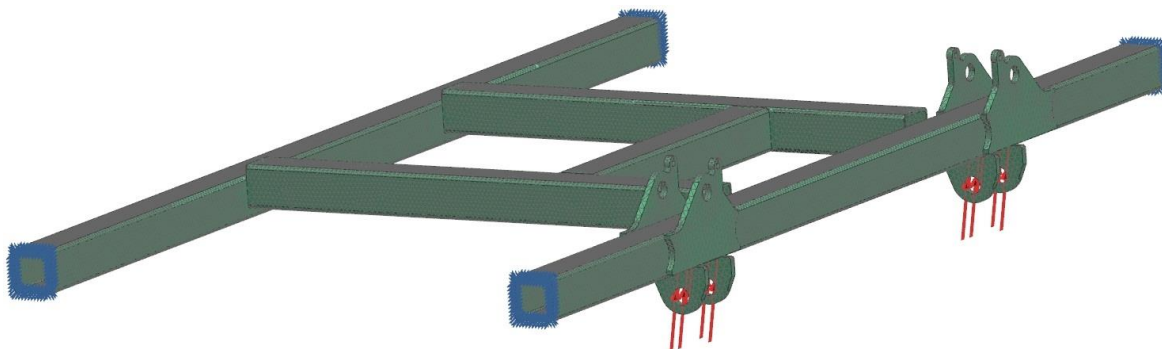
Figur 15. Området som är mest utsatt för belastning är markerat.

5.1.1 Kraftinsättning och fastlåsning

Förutsättningarna för att få ett resultat från FEM-analysen är att man låser fast delen som man vill undersöka och att man lägger på en kraft. Fastlåsningen är mycket viktig och beroende på hur detaljen är fastlåst kan resultaten variera mycket. Att uppskatta krafternas storlek, riktning och placering kan i många fall också vara mycket svårt och kräver stor erfarenhet. För att underlätta analysen har jag endast tagit hänsyn till de viktigaste komponenterna. Att göra på detta sätt har flera fördelar märkte jag under mina försök. Fördelarna var bl.a:

- Meshningen av modellen går mycket smidigare jämfört med stora modeller som ofta inte går att mesha.
- Fastlåsningen blir lättare att fundera ut när modellen också är förenklad.
- Kraftinsättningen blir enklare på samma vis som fastlåsningen.
- Man får med större sannolikhet fram ett resultat, som förhoppningsvis också är tillförlitligt.

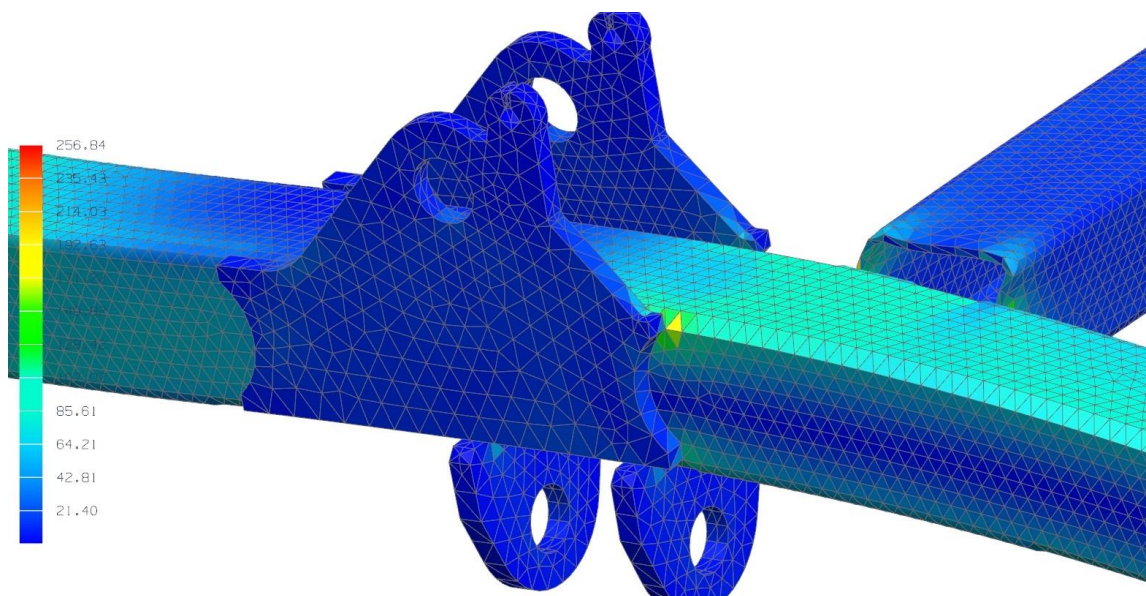
I figur 16 representerar de blåa markeringarna var detaljen är fastlåst och de röda pilarna kraftens riktning och placering. I detta fall har jag uppskattat kraftens storlek till 50 000 N. I verkligheten kan kraften vara större, men eftersom alla kraftupptagande komponenter inte är med har jag i stället reducerat kraften.



Figur 16. Meshad och fastlåst ramverk.

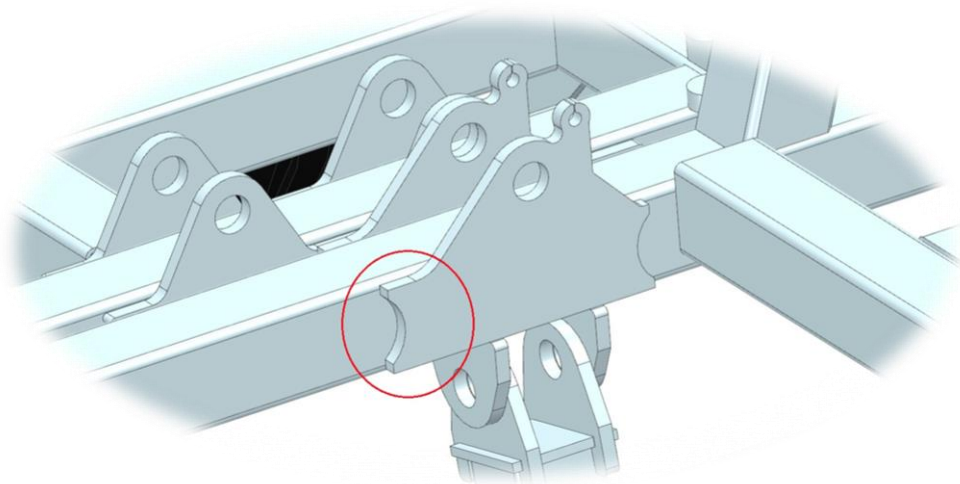
5.1.2 Resultat av FEM-analys

Avsikten med analysen var att lokalisera spänningskoncentrationer. Resultat visade att spänningar uppstod vid de laserskurna infästningarna för sidovingarna. Man kan läsa ut spänningens storlek om man jämför med färgskalan i figur 16. Enligt figuren är spänningen ca 170 N/mm^2 . Spänningskoncentrationernas placering stämde överens med vad tillverkarna har förutspått, vilket förklarar den radie på fästet som bryter spänningen och förhindrar sprickbildning. Spänningens storlek kan man däremot vara mera kritisk till.



Figur 17. Resultat av FEM-analys, spänningar uppstår vid svetsfogarna mellan balken och fästet.

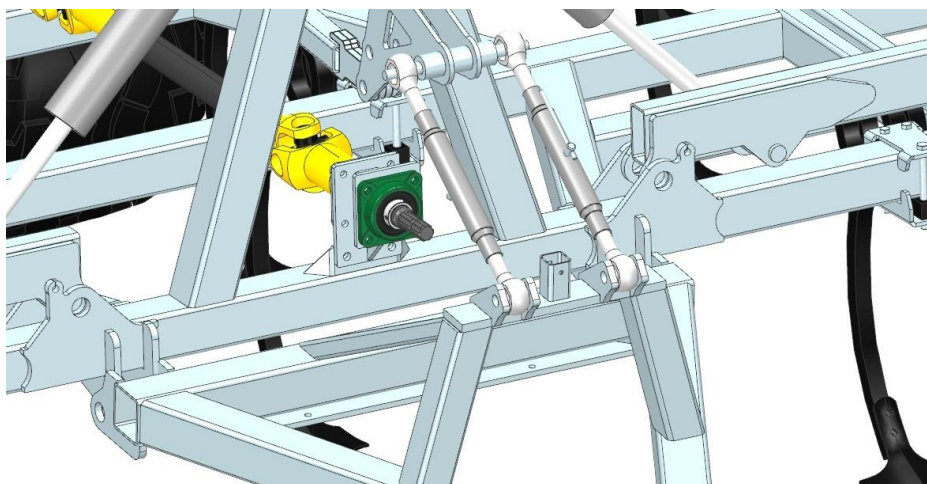
På grund av spänningarna som uppstår vid svetsen har fästet konstruerats med hänsyn till sprickbildning. Radien förhindrar sprickbildning och gör det svårt för sprickor att sprida sig.



Figur 18. Det laserskurna fästet är konstruerat för att förhindra sprickbildning.

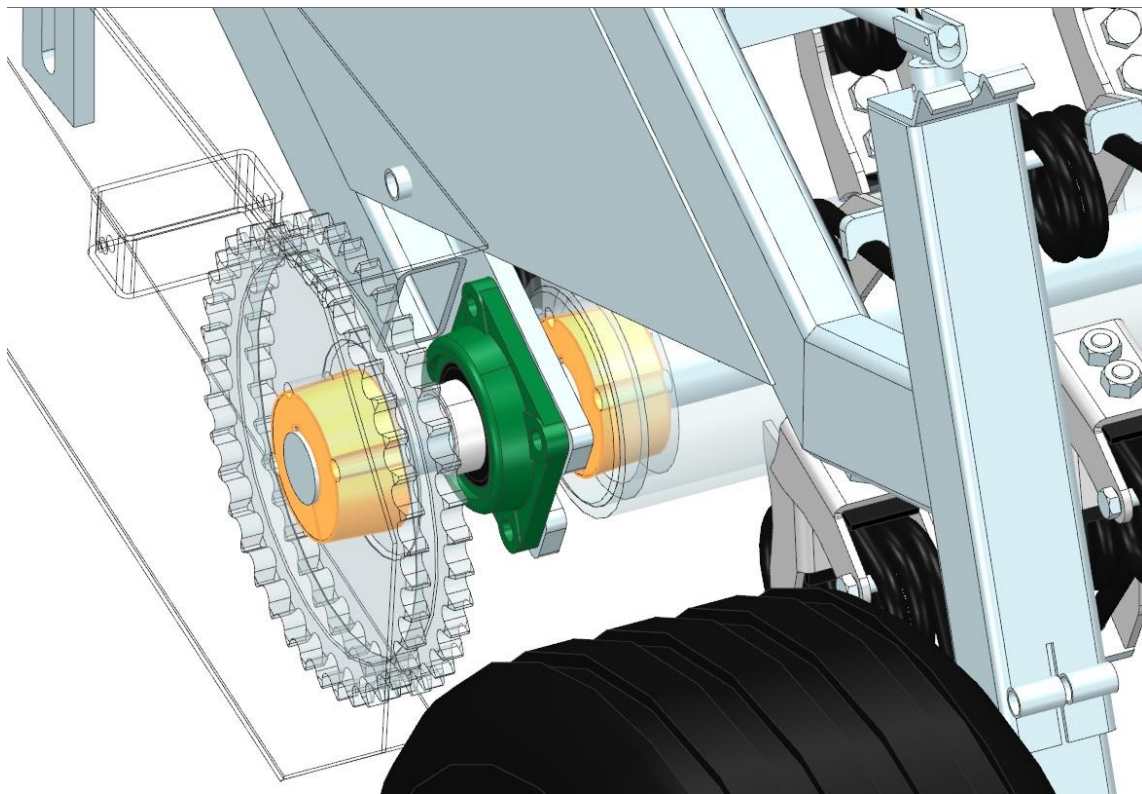
5.2 Kraftöverföring

Kraften som får rotern att rotera tar man ut från traktorns kraftuttag. Kraften transporteras med hjälp av kraftöverföringsaxlar, Y-lagringar, kedjehjul, taper-lock axelkopplingar och en vinkelväxel. Kraften transporteras först rakt bakåt till vinkelväxeln som finns på bakredelen av mittramen. I vinkelväxeln delas kraften i två riktningar. Kraften går vidare till det mindre kedjehjulet som driver det större, som är fäst på samma axel som rotern.



Figur 19. Kraften från traktorns kraftuttag kopplas till splinesaxeln.

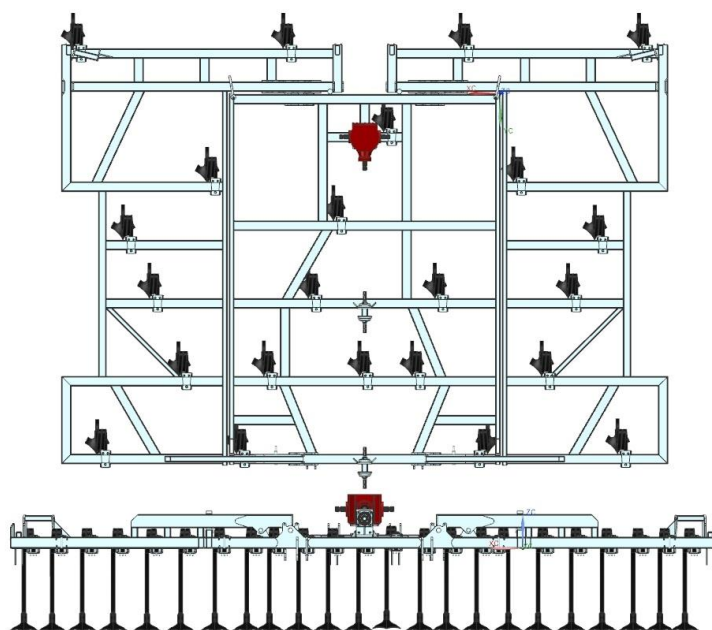
För att överföra kraften från det större kugghjulet till axeln som rotorn är fäst på används taper-lock axelkopplingar. Kopplingarna är praktiska med tanke på montering och demontering, de klarar även av att överföra stora vridmoment. För att rotorn skall kunna rotera med ett lågt motstånd är den lagrad och upphängd i två stycken Y-lager på vardera sidan om rotorn.



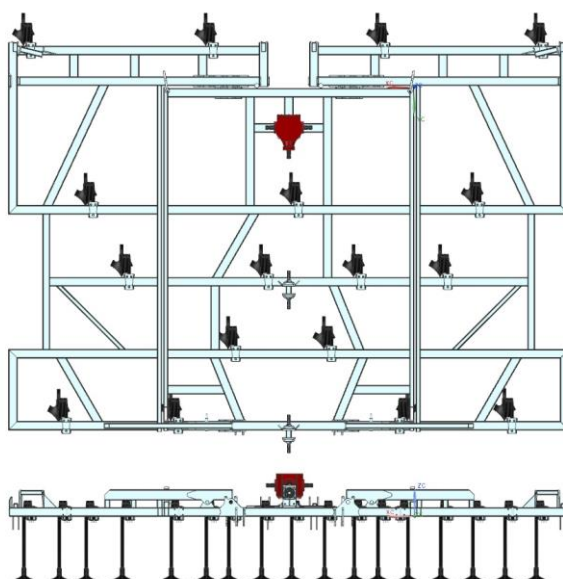
Figur 20. Taper-lock axelkopplingar samt UCF 210 lager.

5.3 Åsindelningen

Ett av kraven på den nya kultivatoren var att göra en tätare åsindelning och öka antalet åsar från 17 till 24. Detta på grund av att erfarenhet har visat att åsindelningen bör vara tätare och gåsfötterna smalare i hårda lerjordar. För att kunna få plats för flera åsar har jag varit tvungen att ändra på konstruktionen på sidovingarna. Trots flera försök har jag endast fått plats med 23 åsar totalt. Den sista åsen bör komma på mittramen för att uppfylla kravet på 24 åsar. Men eftersom placeringen av åsarna på mittramen begränsas av många olika faktorer är det svårt att få in flera.



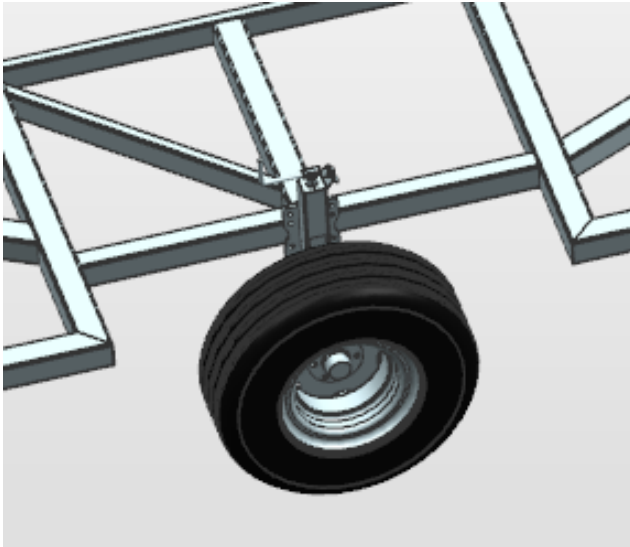
Figur 21. Ny åsindelning med 23 åsar.



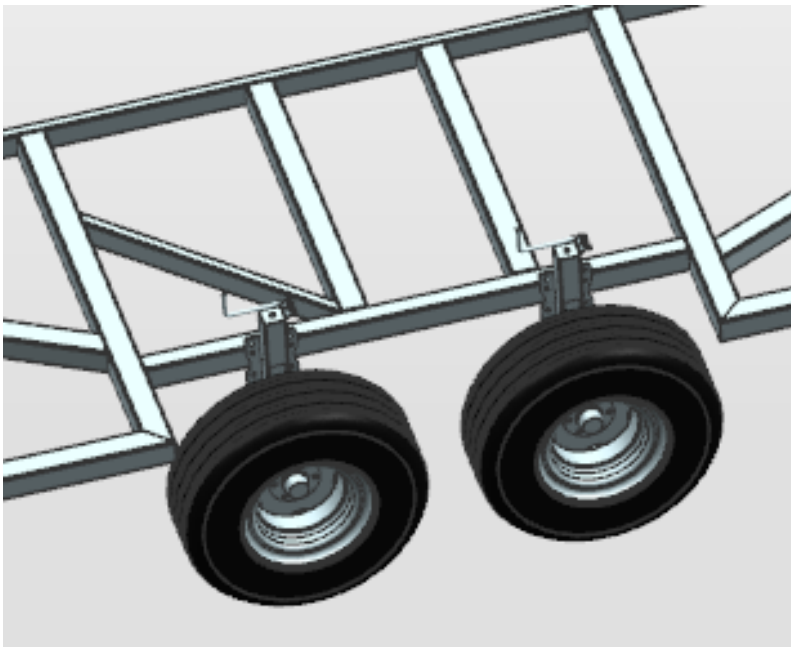
Figur 22. Gamla åsindelningen med 17 åsar.

5.4 Stödhjulen

Ett till krav som jag måste följa vid konstruktionen av den nya kultivatoren var att göra plats för ett till stödhjul. Ett extra stödhjul skulle resultera i en bättre fördelning av stödkraften och man skulle även kunna undvika att kultivatoren sjunker ner i marken under drift. Det extra stödhjulet kunde säljas som tilläggsutrustning eller alternativt kunde man erbjuda boggi.



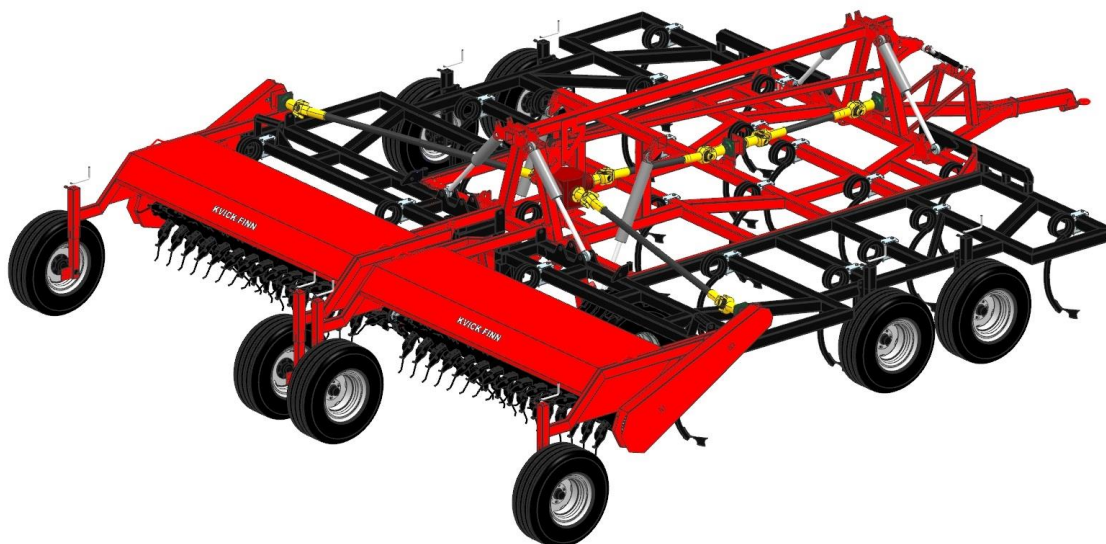
Figur 23. Tidigare konstruktion med plats för ett stödhjul.



Figur 24. Ny konstruktion med plats för att extra stödhjul.

5.5 Kwick-Finn Power 6020

Kwick-Finn Power 6020 är mitt slutliga resultat efter att kravlistan har följts så långt som möjligt. Jag har färglagt 3D-modellen för att få den att likna en färdig kultivator. Den färdiga kultivatoren kan även målas enligt kundens önskemål och behöver nödvändigtvis inte vara röd.



Figur 25. 3D-modell av den nya kultivatoren Power 6020.



Figur 26. Power 6020 i transportläge.

6 Diskussion

6.1 Förslag till förbättring

Användare av Kwick-Finn kultivatoren har påpekat att den blir dyr i drift om man kör mycket. Orsaken till detta är slitdelarna som måste bytas. Den överlägset mest utbytta slitdelen är fjädrarna som sitter på rotorn. Fjädrarna går av på grund av utmattning. Varje gång fjädern går ner i marken böjs den bakåt varefter den blir i svängning tills nästa gång den går i marken. Svängningarna har reducerats med stoppare som dämpar svängningen, åtgärderna har hjälpt till en viss del och förlängt livslängden, men utmattningsproblemet finns kvar trots åtgärderna. Mitt förslag till förbättring kunde vara att i stället för att använda fjädrar göra en enklare stum konstruktion. De nya skärstålen (i stället för fjädrar) skulle vara utskurna ur t.ex. 12 mm tjock plåt och infästningen skulle bestå av en grövre bult samt en mindre brytbult, som går av om man kör på en sten. På grund av att drivsystemet är helt stumt måste det finnas ett ställe som ger efter vid behov. I nuvarande konstruktion är det fjädrarna som ger efter, i mitt förslag skulle det vara brytbulten som går av.

För en skonsammare kraftöverföring skulle jag föreslå remdrift i stället för kedjadriften. Remdriften kunde tillåta en slirning om kraften blev för stor, vilket skulle förlänga livslängden på övriga komponenter i kraftöverföringssystemet. En duplexkedja (tvåradig kedja) av den storlek som nu är monterad, är mycket tung och svår att byta. En rem väger nästan ingenting och går lätt att ta med sig i traktorn. Remmen är även prismässigt till användarens fördel.

6.2 Sammanfattning

Under arbetets gång har jag lärt mig mycket mer än vad jag kunde tro från början. Orsaken till att jag har lärt mig så mycket var tack vare att uppgiften intresserade mig. Mitt intresse för konstruktion och design har även vuxit i takt med min kunskapsnivå inom området. I teoridelen har jag lärt mig många viktiga saker man måste tänka på vid konstruktion. Jag fick även en större uppfattning om hur man löser konstruktionsproblem och vilka lösningar som finns till förfogande med olika standardkomponenter.

7 Källförteckning

3D computer graphics software (u.å.)

http://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics_software (Hämtat 20.02.2013)

Bergström, U. m.fl. (1990). *Plåthandboken*. Borlänge: SSAB Tunnpå AB.

CE-märkning (2012)

<http://sv.wikipedia.org/wiki/CE-m%C3%A4rkning> (Hämtat 13.02.2013)

Oy Ekotjänst Lindgård Ab (2012)

<http://www.ekotjanst.fi> (Hämtat: 02.02.2013)

Finita elementmetoden (2012)

<http://dixon.hh.se/bertil/Kurser/Common/FEMgk/Notes/kompendiumA4.pdf>
(Hämtat: 06.03.2013)

Hågeryd, L., Björklund, S. & Lenner, M. (1993). *Modern Produktionsteknik Del 1*. Stockholm: Liber AB.

Jarfors, A. m.fl. (1999, 2000). *Tillverkningsmekanik*. Lund: Studentlitteratur. ISBN 91-44-01408-2

Lepola, P. & Makkonen, M. (2004). *Svetsning och stålkonstruktioner*. Tammerfors: Utbildningsstyrelsen.

Nilsson, T. m.fl. *Fogningshandboken*. Borlänge: SSAB Tunnpå AB.

Olsson, C. (1997). *Konstruktionshandbok För Smältsvetsade Produkter Utgåva 2*. Stockholm: Förlags AB industrilitteratur.

SKF Huvudkatalog, 2001

Taper-lock axel kopplingar (u.å.)

http://www.kastromol.se/taper_lock%C2%AE.htm (Hämtat: 02.03.2013)

Taper-lock axelkopplingar (u.å.)

<http://www.carlisletransportationproducts.com/product/belts/pulleys-sprockets-bushings/149-151> (Hämtat: 02.03.2013)

Taper-lock axelkopplingar (u.å.)

<http://www.loziska.com> (Hämtat: 02.03.2013)

Unigraphics (2012)

[http://en.wikipedia.org/wiki/NX_\(Unigraphics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/NX_(Unigraphics)) (Hämtat: 20.02.2013)

Vad är CE-märkning? (u.å.)

http://www.cemarkingnordic.se/pdf/swedish/vad_ar_ce-markning.pdf

(Hämtat: 13.02.2013)

Weman, K. (2002). *Svetshandbok*. Stockholm: Liber AB.

Y-bearings and Y-bearing units (2009)

<http://www.skf.com> (Hämtat: 01.03.2013)